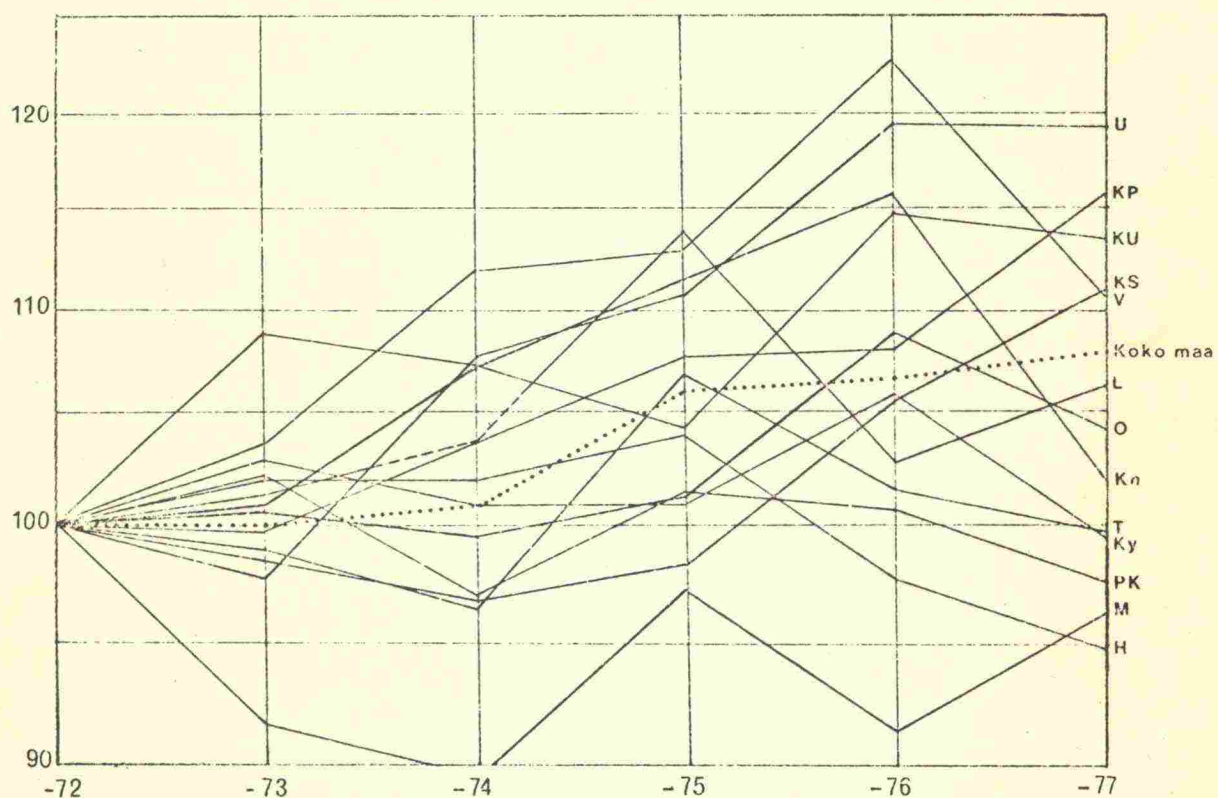


TIE - JA VESIRAKENNUSHALLITUS

RAKENTAMISTALouden TOIMISTO 1978

TIENRAKENTAMISEN TUOT- TAVUUDEN MITTAAMINEN





SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tarkoitus	1
1.2	Määritelmiä ja käsitteitä	1
2.	TUOTTAVUUDEN MITTAAMINEN	3
2.1	Tienrakentamisen panokset	3
2.2	Tienrakentamisen tuotokset ja tuotosmittarit	5
2.21	Tuotostie	5
2.22	Avainlitterat	7
2.23	Edistävä suoriteyksikkö	9
3.	TUOTTAVUUDEN LASKENTAESIMERKKEJÄ	11
3.1	Tuotostie	11
3.11	Lähtötiedot	11
3.12	Tuotoksen laskeminen	13
3.13	Tuottavuuden laskeminen	16
3.14	Vertailtavien tuottavuuslukujen laskeminen	18
3.2	Avainlitterat	19
4.	TUOTTAVUUSLUKUJEN TULKINTA	20
4.1	Osatuottavuudet	20
4.2	Olosuhdetekijäin huomioonottaminen	20
4.3	Tuotostiemenetelmän käyttörajoitukset	21
5.	TUOTTAVUUSMITTAUSTEN KÄYTTÖ JOHTAMISESSA	22
6.	KIRJALLISUUTTA	24

1 JOHDANTO

1.1 Tarkoitus

Tässä julkaisussa esitellään ne tuottavuusmittarit, joilla on tarkoitus mitata tienrakentamisen tuottavuutta TVL:ssä. Julkaisun tarkoituksena on selvittää käytettävien tuottavuusmittareiden periaatteellinen laskentatapa, tulkintaa sekä käyttöalueita ja -mahdollisuuksia. Mittareiden valintaperusteista saa lähempää tietoa julkaisusta "Tie- ja vesirakennuslaitoksen tienrakennustoiminnan tuottavuuden mittaaminen", H. Allonen diplomityö HTKK 1978.

1.2 Määritelmiä ja käsitteitä

Tuottavuus on tuotantoyksikön kykyä yhdistellä tuotantotehtäviä tuotteiksi ja palveluiksi.

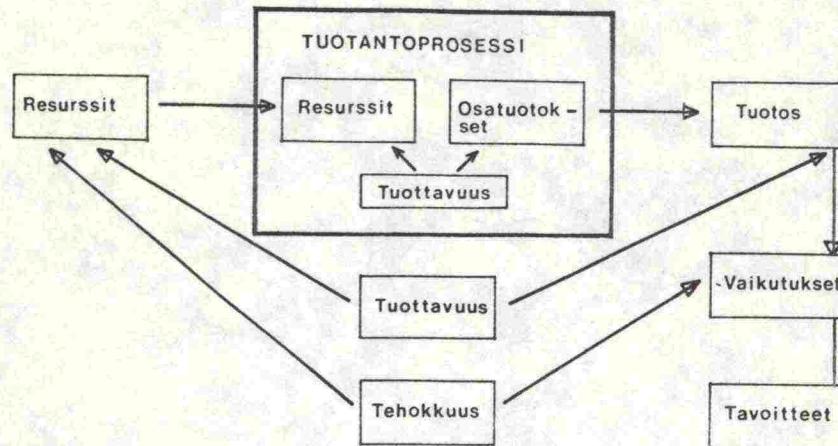
Perinteisesti määritellään

$$\text{tuottavuus} = \frac{\text{tuotos}}{\text{panos}}$$

eli tuottavuus on tuotannon tulosten suhde niiden aikaansaamiseen käytettyihin panoksiin. Tuottavuuden parantaminen voi tarkoittaa, että aikaansaadaan tuotos mahdollisimman pienin panoksin tai samoilla panoksilla saadaan aikaan mahdollisimman paljon.

Tehokkuus on toimenpiteiden vaikutuksen suhde toimenpiteeseen käytettyihin panoksiin. Vaikutus tarkoittaa sitä, kuinka hyvin valittu toimenpide on tyydyttänyt asetettuja odotuksia (kuva 1).

Tehokkuutta voidaan nostaa parantamalla vaikutusta eli valitsemalla mahdollisimman oikeita toimenpiteitä tai aikaansaamalla vaikutus mahdollisimman pienin panoksin.



Kuva 1. Tuottavuus ja tehokkuus

Taloudellisuus ilmenee pyrkimyksenä saada tuotos aikaan mahdollisimman pienin kustannuksin tai samoin kustannuksin saada aikaan mahdollisimman paljon. Taloudellisuus ja tuottavuus ovat sama asia silloin kun panoksena ovat kustannukset. Yleensä taloudellisuus ilmaistaan tuotos/panos-suhteen käänteisarvona (mk/yks).

Kokonaistuottavuus määritellään seuraavasti:

$$\text{Kokonaistuottavuus} = \frac{\text{kokonaistuotos}}{\text{panosten summa}}$$

Se on tuotos/panos-suhde, jossa otetaan huomioon kaikki panokset.

Osatuottavuuksia ovat tuotos/panos-suhteet, joissa tuotosta suhteutetaan erikseen eri panoksiin. Osatuottavuus on siten mitta tietyn panoksen käytölle muista panoksista riippumatta.

Tämä jako vastaa myös TVL:n laskentajärjestelmän kustannuslajijakoa.

Miestyöpanoksesta voidaan TVL:n raportoinnissa selvittää sekä ajankäyttö että kustannukset. Resurssikäytön yksikköinä ovat tällöin markat ja tunnit.

Eri konekokojen ja konetyyppien työsuoritukset pyritään saamaan yhteismitallisiksi käyttämällä konetyön yksikkönä konetonnituntia (kth). Kullakin konetyypillä on oma painoon perustuva kerroin, jolla kyseisen koneen työtunnit kerrotaan ja saadaan konetyöresurssin käyttöä kuvaava luku.

Kuljetuspanos voidaan mitata usealla eri tavalla, kustannuksina, tunteina, autotonnitunteina, kuutiometreinä ja edellisten johdannaisina. Yksikkönä on yleensä käytetty kuljetussuoritetta, joka määritellään kuljetettujen kuutiometriä ja kuljetusmatkan tulona. Raporttiaineiston puutteellisuuksien vuoksi tarkastellaan tässä kuljetuspanosta käytetyn ajan sekä syntyneiden kustannusten perusteella.

Materiaalipanosta arvioitaessa on markka ainoa yhteinen mitta, sillä tienrakentamisen materiaalikulutus muodostuu joukosta erilaisia, yhteismitattomia materiaaleja. Materiaalin tuottavuuden kannalta ei tästä ole suurta haittaa. Lisäksi materiaalin tuottavuuteen voidaan vaikuttaa vain osittain.

Vieraiden palveluiden (urakoiden) tuottavuutta voidaan tarkastella kahdella tavalla:

- Tarkastellaan urakoiden tuottavuutta kokonaan erillään ja verrataan sitä omaan tuottavuuteen. Tämä edellyttää, että urakoilla (vierailla palveluilla) aikaansaadut suoritteet ovat eriteltävissä.
- Tarkastellaan vieraita palveluja panostekijänä, jolloin on erityisesti huomattava, että se on muita panostekijöitä korvaava. Tämä vaikeuttaa osatuottavuuksien tarkastelua.

Laskentajärjestelmästä johtuen on ns. kokonaisurakoiden suoritteiden erottaminen muista hankalaa. Se onnistuu vain poimimalla ne muista erilleen ko. hankenumeroiden perusteella. Sen sijaan osaurakointi on erotettavissa työkohteenumeron perusteella. Vieraiden palveluiden resurssikulutusta tarkastellaan markkoina.

Muut panokset muodostuvat lähinnä niistä kustannuspanoksista, joita ei voida kohdistaa mihinkään erityiskohteeseen. Resurssikäytön yksikkönä on markka.

2.2 Tienrakentamisen tuotokset ja tuotosmittarit

2.21 Tuotostie

Tienrakentamisen kokonaistuotosta kuvataan tuotostie-nimisellä volymi-indeksillä, jossa vertailupohjaksi on valittu kunkin litteran keskimääräinen vuosisuorite tarkasteluvuodelta. Volymi-indeksi muunnetaan mittakaavatekijällä vastaamaan piirin tai valtakunnan vuosittain valmistuvien tiekilometri-määrien suuruusluokkaa. Tuotostiekilometri (TTkm) on siis sellainen laskennallinen tiekilometri, jonka rakentamiseen tarvitaan tietty määrä eri litteroille jakaantuneita suoritteita.

Tuotostien laskenta perustuu Paaschen volymi-indeksikaavaan:

$$(1) \quad Q_t = \frac{\sum p_t \cdot q_t}{\sum p_t \cdot q_o}$$

Q_t = tarkasteluvuoden tuotos
 p_t = tarkasteluvuoden litterakohtainen yksikkökustannus
 q_t = tarkasteluvuoden litterakohtainen suoritemäärä
 q_o = perusvuoden litterakohtainen suoritemäärä

Kaavaa (1) sovelletaan siten, että perusvuoden suoritetta q_o vastaa tässä tapauksessa suoritemäärä, joka on tarkastelujakson suoritteiden keskiarvo, ns. perussuorite.

Kaava (1) voidaan muuttaa muotoon

$$(2) \quad Q_t = \sum \frac{p_t \cdot q_o \cdot \frac{q_t}{q_o}}{\sum p_t \cdot q_o}$$

Toisin sanoen tuotostien laskennassa painotetaan toteutuneen ja perussuoritteiden suhdetta muuttuvien painojen menetelmällä.

Suhdeluvut $\frac{q_t}{q_0}$ ovat yhteismitallisia laaduttomia lukuja. Suhde lasketaan kullekin litteralle, jonka jälkeen ne yhdistellään laskemalla niiden painotettu keskiarvo.

Painot $P_t \cdot q_0$ muodostuvat ko. litteran toteutuneen yksikkökustannusosuuden ja perussuoritteiden tulosta. Painotus vastaa siis sitä kustannusjakautumaa, joka syntyisi, jos perussuoritteet toteutettaisiin toteumavuoden yksikkökustannuksilla.

Painotus voidaan suorittaa myös kiinteitä painoja käyttäen. Näin on meneteltävä, jos suoritejakautuma on poikkeuksellinen. Näin on esimerkiksi hankekohtaisissa tarkasteluissa ja tarkasteltaessa toimialatasolla osaa vuotta. Painot voidaan tällöin valita edellisten vuosien perusteella.

Perussuoritteiden valinta

Litterakohtaiset perussuoritteet (q_0) valitaan siten, että ne kuvaavat tarkasteltavan yksikön (toimialan) vuosittaisia suoritelmää tiekilometriä kohti esim. keskiarvona seuraavasti:

$$(3) \quad q_0 = \frac{\sum k_1 q_1}{m \sum k_1} \quad , \text{ jossa } q_1 = \text{vuoden } i \text{ suoritelmäärä ko. litteralla}$$

$$k_1 = \text{vuoden } i \text{ painokerroin}$$

$$i = \text{vuosi (esim. tarkastelujakson vuodet, 3-5 vuotta)}$$

$$m = \text{kilometrikertoimen}$$

$$(4) \quad m = \frac{\sum k_1 \cdot m_1}{\sum k_1} \quad , \text{ jossa } m_1 = \text{vuoden } i \text{ valmistunut tiekilometrimäärä}$$

Eri vuosien painokertoimet k_i valitaan esim. seuraavasti:

- joka vuodelle 1, jolloin on kyseessä suora keskiarvo
- eri vuosien tienrakentamisen kokonaiskustannuksia (indeksikorjattuja) vastaavasti, jolloin volymin muutos tulee otetuksi huomioon
- painottaen viimeisiä vuosia enemmän, jolloin mittari seuraa herkemmin tuotannon rakenteen muutoksia.

Kilometrikerroin m lasketaan samalla tavalla painottaen, jolloin siitä tulee eri vuosille yhtä suuri mittakaavatekijä.

Perussuoritteet lasketaan uudelleen aina, kun aikaisempien perussuoritteiden ei katsota kuvaavan tarkasteltavaa tilannetta. Aina kun perussuoritteet muutetaan, on tuottavuusluvut laskettava uudelleen taannehtivasti.

Tuotostiemenetelmän kustannuskattavuus on noin 90 % tienrakentamisen työmaatason kustannuksista, joissa ei ole mukana yhteis- eikä sillanrakennuskustannuksia.

2.22 Avainlitterat

Tienrakentamisen kokonaistuottavuuden lisäksi voidaan tarkastella erikseen tärkeimpien töiden tuottavuutta ns. avainlitteroiden avulla. Avainlitteratarkastetuilla löydetään tienrakentamisen ongelma-alueita tuottavuuden suhteen. Avainlitteroiden tutkimisella yritetään välttää kustannus- sidonnaisuutta sekä pyritään piirikohtaisesti vertailukelpoisiin tietoihin.

Avainlitterat muodostetaan yhdistelemällä suoritteita sopiviksi ryhmiä. Kuutiometrit lasketaan yhteen massakertoimia käyttäen. Ainoastaan sitomattomat kerrokset lasketaan yhteen sellaisenaan, koska hintaero johtuu lähinnä materiaalin hinnasta. Avainlitteroiden muodostuminen ja sisältö ennen vuoden 1977 loppua ja sen jälkeen on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Avainlittera	Tuotos	Panos
1. Raivaus	1130 Raivaustyöt	1130 Raivaustyöt
2. Ojitus	1310 Avo-ojitus, jokien ja puro-perkaus	1310 Jokien ja purojen perkaus
3. Rummut ja putket	1320 Salaojitus ja sadevesiviem. (tuotos/3 v.-75-76, tuotos/4 v.-72-74)	1320 Salaojitus ja sadevesiviem.
	1330 Rumputyöt	1330 Rumputyöt
4. Kalliomassat	1410 Kallion leikkaus	1410 Kallion leikkaus
	1430 Pengermassojen hankinta	1430 Pengermassojen hankinta
		1440 Pengertäminen louheella
		1470 Läjittäminen
5. Maamassat	1510 Maan leikkaus	1510 Maan leikkaus
	1520 Pehmeän perusmaan poisto	1520 Pehmeän perusmaan poisto
	1530 Pengermassojen hankinta	1530 Pengermassojen hankinta
	1560 Ylipenkereen poisto	1540 Pengertäminen maamassoilla
		1550 Ylipenkereen teko
		1560 Ylipenkereen poisto
		1570 Läjittäminen
6. Sitomattomat kerrokset	1610 Suodatin- ja eristyskerros	1610 Suodatin- ja eristyskerros
	1620 Jakava kerros	1620 Jakava kerros
	1630 Kantavan kerr. sitomaton osa	1630 Kantavan kerr. sitom. osa

Taulukko 1. Avainlitteroiden koostumus vanhoilla litteroilla (voimassa vuoden 1977 loppuun)

Avainlittera	Tuotos, panos	Huomautukset
1. Raivaus	1120 Raivaustyöt	- sisältää vanhan 1120 hyötyn hakkuu 1130 raivaustyöt
2. Ojitus	1310 Avo-ojitus	- ojien kohdalla tapahtuva kallion louhinta kuuluu kohtaan 1400 (ennen 1312 ja 1314)
3. Rummut ja putket	1320 Putkitustyöt	- kaivantojen kallioleikkaus kuuluu kohtaan 1400 (ennen 1322 ja 1326)
	1330 Rumputyöt	- kallioleikkaus kohtaan 1400
4. Kalliomassat	1410 Kallion leikkaus ja massojen pengerrys 1420 Kallion leikkaus, massat murskaukseen 1430 Kallion leikkaus ja massojen läjitys 1440 Louheenotto tielinjan ulkopuolelta ja massojen pengerrys 1450 Irtilouhinta	- leikkaus ja pengerrys samalla litteralla
5. Maamassat	1510 Maan leikkaus, massat tielinjalle 1520 Maan leikkaus ja leikkausmassojen läjitys 1530 Pengermassojen hankinta alusrakenteeseen	- leikkaus ja pengerrys samalla litteralla
6. Sitomattomat kerrokset	1610 Suodatin- ja eristyskerros 1620 Jakava kerros 1630 Sitomaton kantava kerros	

Taulukko 2. Avainlitteroiden koostumus uusilla litteroilla (vuodesta 1978 alkaen)

Tuottavuuskehitystä avainlitteroilla selvitetään suhteilla suorite/kokonaiskust. (mk), miestyö (h), konetyö (kth), kuljetus (h), materiaali (mk) ja vieraat palvelut (mk).

Avainlitteroiden kattavuusprosentti on noin 76 % tienrakentamisen työmaatason kustannuksista ilman yhteis- ja sillanrakennuskustannuksia. Menetelmän etuna on piirikohtainen vertailukelpoisuus, joskin olosuhde- ja laajuustekijät on aina otettava erikseen huomioon.

2.23 Edistävä suoriteyksikkö

Menetelmän perusajatuksena on erilaisten massatöiden suoritteiden yhdistäminen ilman kustannuspainotusta ja indeksisidonnaisuutta. Edistävä suoriteyksikkö on tarkoitettu ensisijaisesti konetöiden ja kuljetusten tuottavuuden tarkasteluun. Tuotoksen yksikkö on m³. Lasketut suoritteet on kerätty hanketta suoranaisesti edistävien litteroiden suoritteista ja laskettu yhteen käyttämällä sovittuja muuntokertoimia.

Työtä edistävät suoritteet ennen vuoden 1977 loppua ja sen jälkeen on esitetty taulukoissa 3 ja 4. Vuotuisten edistävien suoriteyksiköiden summaa laskettaessa käytetään suoritteiden muuntokertoimia seuraavilla litteroilla:

Vanhat litterat (voimassa vuoden 1977 loppuun)

1320	muuntokerroin	=	2
1330	"	=	20
1340	"	=	2

Uudet litterat (vuodesta 1978 alkaen)

1320	muuntokerroin	=	2
1330	"	=	20

Edistävien suoriteyksiköiden menetelmän tuotoslitteroiden kustannuskattavuus on noin 65 % työmaatason kustannuksista ilman yhteis- ja siltakustannuksia.

Littera	Suorite	Yksikkö
1310	Ojien kaivu maahan	m3ktr
1320	Salaojitus ja sadevesiviemärinti	m
1330	Rumputyöt	m
1340	Muut putkitustyöt	m
1410	Kallion leikkaus	m3ktr
1510	Maan leikkaus	m3ktr
1530	Pengermassojen hankinta tielinjan alueen ulkopuolelta	m3ktd
1610	Suodatin- ja eristyskerros	m3rtr
1620	Jakava kerros	m3rtr
1630	Kantava kerros	m3rtr

Taulukko 3. Työtä edistävät suoritteet vuoden 1977 loppuun.

Littera	Suorite	Yksikkö
1310	Avo-ojitus	m3ktr
1320	Putkitustyöt	m
1330	Rumputyöt	m
1410	Kallion leikkaus ja massojen pengerrys	m3ktr
1420	Kallion leikkaus, massat murskaukseen	m3ktr
1430	Kallion leikkaus ja massojen läjitys	m3ktr
1510	Maan leikkaus, massat tielinjalle	m3ktr
1520	Maan leikkaus ja leikkausmassojen läjitys	m3ktr
1530	Pengermassojen hankinta alusrakenteeseen	m3ktd
1610	Suodatin- ja eristyskerros	m3rtr
1620	Jakava kerros	m3rtr
1630	Sitomaton kantava kerros	m3rtr

Taulukko 4. Työtä edistävät suoritteet vuoden 1978 alusta.

3. TUOTTAVUUDEN LASKENTAESIMERKKEJÄ

3.1 Tuotostie

3.1.1 Lähtötiedot

Seuraavassa esimerkissä lasketaan piirin vuotuiset tuotokset ja tarkastellaan piirin tuottavuuskehitystä vuosina 1972-77. Laskelmat perustuvat hanketasolta laskentajärjestelmän perustositteilla ilmoitettuihin suorite- ja kustannustietoihin.

Lähtöaineistosta on erotettu erikseen osaurakoiksi koodatut työkohteet (numerot 60-79). Ns. kokonaisurakoiden tietoja ja syystä tai toisesta osaurakaksi kirjaimattomien urakatyökohteiden tietoja ei ole voitu erottaa omista töistä. Näinollen on vieraita palveluita tarkasteltu panostekijänä muiden joukossa, mikä vaikeuttaa osatuottavuuksien tarkastelua.

Lähtöaineistoa on jouduttu jonkin verran korjaamaan mm. jättämällä tarkastelun ulkopuolelle kokonaan ne litterat, joista joltakin vuodelta on puuttunut suoritteet tai suoritettieto on ollut virheellinen eikä sitä ole pystytty luotettavasti korjaamaan.

Koska tienrakentamisen suoriteryhmittelyssä on tapahtunut tarkastelujaksolla muutoksia, on eri vuosien suoritteita tarvittaessa muutettu asianmukaisilla kertoimilla.

Työnjohtopanoksen kirjaaminen v.1976 lähtien yhteiskustannuksiin työlitteroiden sijasta on otettu huomioon arvioimalla sen osuus työ kustannuksista.

Konepanoksena käytettyjen konetonnituntien laskennassa on koneryhmittelyn muuttuminen v.1977 alusta otettu huomioon arvioimalla aikaisemman ja uuden ryhmittelyn vastaavuus.

Lähtötietoina olevat piirin suoritteet ja kustannukset on esitetty taulukossa 5.

SUORITTEET						
1320 SUORITTEET JAETTU 72-74 4:LLA 75-77 3:LLA						
VUOSI	1972	1973	1974	1975	1976	1977
LITTEA						
1120	36066	36496	61811	36683	17043	12466
1130	1279147	956381	1001322	799174	397470	551928
1310	218698	162955	110500	87421	71408	54325
1320	101	299	602	1298	1687	824
1330	5022	4992	5002	2881	2722	3770
1410	4827	5816	6742	2020	1596	1849
1510	205782	196317	163530	121569	108986	122963
1520	14921	15856	117186	49332	3291	4536
1530	211676	219965	307196	241749	206980	142967
1540	387717	285933	341913	300089	289197	181353
1570	392708	387144	410597	316696	226308	237565
1610	288882	297026	91024	107032	141798	106270
1620	200437	183611	61069	92011	74439	47739
1630	143567	112375	97544	85448	95980	122831
1660	81249	67077	19021	22234	26363	17560
1670	477156	401535	358575	164413	275013	475189
1710	7617	11997	6177	6442	5914	10160
1730	56978	88025	61635	35646	46177	40062
1750	1333999	1114573	819154	435270	559614	712068
1430	0	0	0	0	0	0
1440	4030	5359	5121	1600	3444	0
1470	100	0	0	0	0	0
1550	0	0	3300	2500	0	0
1560	1000	0	0	0	5280	0

KOK. MK						
VUOSI						
LITTEA	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1120	49809	61816	83358	68314	72659	82002
1130	830613	657801	739120	973741	758021	1003496
1310	974015	966986	768728	752437	773873	583467
1320	46063	161152	880999	1301639	964322	545575
1330	1105676	1022438	1377851	1142249	1211827	1636225
1410	52323	105965	184723	105806	74516	102050
1510	920052	924771	895977	897815	885294	1051387
1520	52687	60312	402650	226714	27434	27173
1530	980171	1246679	1625858	1454450	1379041	1443856
1540	508564	431231	422748	511696	631618	576623
1570	245385	277732	377691	352743	320739	291434
1610	1946887	2348943	981051	1153900	1721921	1371169
1620	2121566	2612755	954834	1671525	1306809	981607
1630	2817694	2546293	2438934	2615237	2664609	4439550
1660	472681	488330	256342	200258	390835	245019
1670	1385808	877085	1595816	901505	1415275	2375909
1710	254865	564493	398454	370869	340279	753379
1730	24079	22515	20907	23125	27670	25475
1750	723682	736215	667684	607960	581399	1124959
1430	0	0	0	0	0	0
1440	11644	9254	8065	2054	5888	0
1470	280	0	0	0	0	0
1550	0	0	2529	2520	0	0
1560	4755	0	0	0	17260	0

Taulukko 5. Esimerkkiipirin suoritteet ja kustannukset

3.12 Tuotoksen laskeminen

Vuosittainen tuotostiekilometrimäärä on laskettu kaavan 2 avulla.

Perussuorite q_0 on laskettu kaavan (3) perusteella.

Esimerkissä painokerroin k on valittu vuosien 1972-77 tienrakentamisen kokonaiskustannuksia vastaavasti, siten että painojen summaksi on tullut 1. Kustannustoksiksi on valittu 1977.

Vuosi	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Painokerroin k	0.1081	0.1167	0.1566	0.1863	0.1979	0.2354
Rak.kust.indeksi	2.1400	1.8772	1.4861	1.2370	1.0974	1.0000

Esimerkin kilometrikertoimeksi on saatu $m = 100,4183$ km.

Em. periaattein lasketut tuotostiekilometrin perussuoritteet on esitetty taulukossa 6. Perussuorite q_0 literalle 1120 on saatu seuraavasti:

$$q_{0\ 1120} = \frac{0,1081 \times 36066 + 0,1167 \times 36496 + \dots + 0,2354 \times 12466}{100,4183 \times 1} = 308,49722$$

PERUSSUORITTEET LITTERA	
1120	308.49722
1130	7609.45703
1310	1026.97644
1320	9.06726
1330	38.55073
1410	33.67833
1510	1432.99927
1520	326.10614
1530	2154.46289
1540	2833.19531
1570	3103.20581
1610	1524.09021
1620	952.99420
1630	1073.02686
1660	329.16818
1670	3500.55542
1710	79.05671
1730	510.52567
1750	7586.24219

Taulukko 6. Laskentaesimerkin perussuoritteet

Suhdeluvut q_t/q_o (tarkasteluvuoden toteutuneiden suorite-
määrien suhde vastaavan litteran perussuoritteeseen) on esi-
tetty taulukossa 7. Esimerkiksi vuoden 1972 litteran 1120
suhdeluvuksi on saatu:

$$q_t/q_o \text{ 1120} = \frac{36066}{308,49722} = (116,90867)$$

SVORITE/PERUSSVORITE VUOSI LITTERA	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1120	116.90867	118.30252	200.36160	118.90869	55.24523	168.09964
1130	168.09964	125.70950	131.58916	105.02379	52.23369	212.95328
1310	212.95328	158.67453	107.59740	85.12464	69.53226	11.13897
1320	11.13897	33.00334	66.33755	143.15234	186.09070	130.26991
1330	130.26991	129.49171	129.75111	74.73270	70.60827	143.32660
1410	143.32660	172.69267	200.18310	59.97923	47.38953	143.60231
1510	143.60231	136.99728	114.11729	84.83536	76.05447	45.75504
1520	45.75504	48.62221	359.34927	151.27589	10.09181	98.25001
1530	98.25001	102.09737	142.58589	112.20848	96.07035	136.84796
1540	136.84796	100.92245	120.68105	105.91892	101.72154	126.54913
1570	126.54913	124.75615	132.31381	102.05124	72.92716	189.54390
1610	189.54390	194.88742	59.72350	70.22681	93.03780	210.32343
1620	210.32343	192.66750	64.08118	96.54738	78.11066	133.79628
1630	133.79628	104.72711	90.90546	79.63268	89.44790	246.83127
1660	246.83127	203.77729	57.78505	67.54602	80.08976	136.30865
1670	136.30865	114.70609	102.43375	46.96769	78.56268	96.34856
1710	96.34856	150.48691	78.13379	81.48581	74.80706	111.60654
1730	111.60654	172.42032	120.72851	69.82215	90.44991	175.84450
1750	175.84450	146.92030	107.97889	57.37623	73.76696	93.86308

Taulukko 7. Suorite/perussuorite q_t/q_o

Suhdelukujen q_t/q_o painottamiseen käytetyt tarkasteluvuoden
toteutuneiden yksikkökustannusten (litteran kust./suori-
te) ja perussuoritteen tulot vuosittain ja litteroittain
on esitetty taulukossa 8.

Esimerkiksi vuoden 1972 litteran 1120 painoluvuksi on saatu:

$$p_t \cdot q_o \text{ 1120} = \frac{49809}{36066} \times 308,49722 = (426,...)$$

PAINOT VUOSI LITTERA	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1120	426.	523.	416.	575.	1315.	2029.
1130	4941.	5233.	5617.	9272.	14512.	13835.
1310	4574.	6084.	7144.	8839.	11130.	11143.
1320	4135.	4983.	13281.	9093.	5182.	6003.
1330	8488.	7896.	10619.	15284.	17163.	16731.
1410	365.	614.	923.	1764.	1572.	1859.
1510	6407.	6750.	7851.	10583.	11640.	12259.
1520	1152.	1240.	1120.	1499.	2718.	1954.
1530	9976.	12211.	11403.	12962.	14354.	21849.
1540	3716.	4273.	3503.	4931.	6209.	9008.
1570	1939.	2226.	2853.	3457.	4398.	3807.
1610	10271.	12053.	16427.	16431.	18508.	19665.
1620	10087.	13561.	14900.	17313.	16730.	19595.
1630	21060.	24314.	26829.	32841.	29790.	38783.
1660	1915.	2396.	4436.	2965.	4880.	4593.
1670	10167.	7646.	15579.	19194.	18015.	17503.
1710	2645.	3751.	5100.	4551.	4549.	5862.
1730	216.	131.	173.	331.	306.	325.
1750	4115.	5011.	6183.	10596.	7882.	11985.
Σ	106535.	120806.	154352.	182381.	150653.	218788.

Taulukko 8. Painot $p_t \times q_o$

Kustannuksilla painotetut suhteet q_t/q_0 litteroittain eri vuosina eli litterakohtaiset vuosituotokset on esitetty taulukossa 9. Esimerkiksi vuoden 1972 litteran 1120 painotetuksi suoritteen ja perussuoritteen suhteeksi on saatu:

$$Q_{1120/1972} = \frac{p_t \cdot q_0 \cdot \frac{q_t}{q_0}}{\sum p_t q_0} = \frac{426 \times 116,90867}{106595} = 0,46727145$$

TUOTOKSET VUOSI LITTERA	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1120	0,46727145	0,51170081	0,54002464	0,37456900	0,38070467	0,37479915
1130	7,79220104	5,44514799	4,78829861	5,33907032	3,97175384	4,58660030
1310	9,13749313	8,00452137	4,98011017	4,12564850	4,05481577	2,69423175
1320	0,43212926	1,33398485	5,70744514	7,13695002	5,05269480	2,49361873
1330	10,37264061	8,46354294	8,92624092	6,26300669	6,34953547	7,47856760
1410	0,49095593	0,87715757	1,19670546	0,58013946	0,39043701	0,46643165
1510	8,63125229	7,65507412	5,80447769	4,92276335	4,63862133	4,80777693
1520	0,49427068	0,49925101	2,60851908	1,24308407	0,14374281	0,12419751
1530	9,19524479	10,31976604	10,53292274	7,97482061	7,22567129	6,62674236
1540	4,77097368	3,56964612	2,73872137	2,80565429	3,30945063	2,63552499
1570	2,30202174	2,29901147	2,44682503	1,93410707	1,68055570	1,33203411
1610	18,26426315	19,44409180	6,35561943	6,32688951	9,02224064	6,26709366
1620	19,90297318	21,62787819	6,18577576	9,16505337	6,84720230	4,48655510
1630	26,43353462	21,07771693	15,80033684	14,33947182	13,96158600	20,29150581
1660	4,43434572	4,04230022	1,66068029	1,09802437	2,04783201	1,11989735
1670	13,00063229	7,26033878	10,33829880	4,94299650	7,41552782	10,85937977
1710	2,39095616	4,67276335	2,58133554	2,03349304	1,78293705	3,44340897
1730	0,22589149	0,18637477	0,13544345	0,12679550	0,14438053	0,11643828
1750	6,78905296	6,09424448	4,32550907	3,33347416	3,04632092	5,14176178

Taulukko 9. Litterakohtaiset vuosituotokset

Litterakohtaiset tuotokset vuosittain yhteen laskien saadaan ko. vuoden tuotoskilometrimäärä. Esimerkiksi vuoden 1972 tuotoskilometreiksi on saatu:

$$Q_{1972} = 0,46727145 + 7,79220104 + \dots + 6,78905296 = 145,6 \text{ km}$$

Ko. esimerkin vuotuisiksi tuotostiekilometrimääräksi on saatu:

Vuosi	1972	1973	1974	1975	1976	1977
TTkm	145,6	133,4	97,7	84,1	81,5	85,3

3.13 Tuottavuuden laskeminen

Tuottavuuden lukuarvo lasketaan panoskäyttönä tuotostiekilometriä kohti (panos/tuotos), joka siis ilmaisee tuottavuuden käänteisarvon.

Kokonaistuottavuutta laskettaessa on panoksena kyseisen vuoden kokonaiskustannukset.

Esimerkissä on laskettu aluksi kunkin vuoden kokonaiskustannussummat ja muutettu ne vuoden 1977 tasoon. Korjattu kokonaiskustannus, panos tuotostiekilometriä kohti ja tuottavuuskehityksen prosentuaalinen muutos on esitetty taulukossa 10.

KOK MK	1972	1973	1974	1975	1976	1977
	33197008.	30248284.	22401062.	18965662.	17062528.	18672854.
PANOS TUOTOSTIEKILOMETRIÄ KOHTI	228114.23437	226775.07812	229393.79687	223604.43750	209442.00000	218788.56250
TUOTTAVUUSKEHITYS %-MUUTOS						
72-73	73-74	74-75	75-76	76-77		
0.5905	-1.1416	1.6796	7.7169	-4.2720		
72-73	72-74	72-75	72-76	72-77		
0.5905	-0.5578	1.1125	8.9152	4.2624		

Taulukko 10. Esimerkin kokonaistuottavuus ja tuottavuuskehitys

Osatuottavuuksien laskennassa käytetään panoksina:

- miestyötuntia (h)
- konetonnituntia (kth)
- kuljetustuntia (h)
- vieraita palveluja (mk)
- materiaalia (mk)

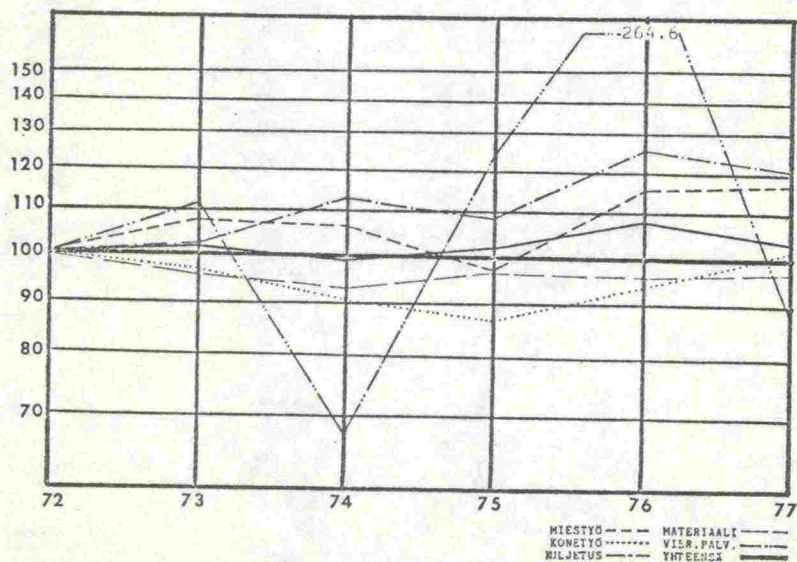
Panokset lasketaan tuotostiekilometriä kohti.

Esimerkissä on markkamääräiset panokset, vieraat palvelut ja materiaalit muutettu vuoden 1977 kustannustasoon. Nämä ja muut panokset on saatu em. litteraraporteista. Osatuottavuuksien vuotuiset panossummat, panokset tuotostiekilometriä kohti ja tuottavuuskehitykset on esitetty taulukossa 11.

Tuottavuuskehityksen seuraamiseksi voidaan tunnusluvut piirtää kuvan 3. mukaisesti.

	1972	1973	1974	1975	1976	1977
MIESTYÖ M	345872.	292085.	216748.	204839.	166364.	171598.
PANOS TUOTOSTIEKILOMETRIA KOHTI	2376.66650	2189.79712	2219.56641	2436.64502	2042.11804	2010.60120
TUOTTAVUUSKEHITYS %-MUUTOS						
72-73	73-74	74-75	75-76	76-77		
8.5336	-1.3412	-8.9089	19.3195	1.5675		
72-73	72-74	72-75	72-76	72-77		
8.5336	7.0780	-2.4615	16.3824	18.2068		
KONETUOT. KTH	951436.	900490.	708379.	634530.	568704.	542928.
PANOS TUOTOSTIEKILOMETRIA KOHTI	6537.81738	6751.08447	7254.01758	7548.00098	6980.82275	6361.45215
TUOTTAVUUSKEHITYS %-MUUTOS						
72-73	73-74	74-75	75-76	76-77		
-3.1590	-6.9332	-3.8949	9.1248	9.7363		
72-73	72-74	72-75	72-76	72-77		
-3.1590	-9.8732	-13.3835	-6.3460	2.7724		
KULJETUS H	126214.	113648.	74771.	66386.	56010.	61126.
PANOS TUOTOSTIEKILOMETRIA KOHTI	867.28333	852.03302	765.67810	789.68903	687.52100	716.20923
TUOTTAVUUSKEHITYS %-MUUTOS						
72-73	73-74	74-75	75-76	76-77		
1.7899	11.2782	-3.0406	14.8604	-4.0056		
72-73	72-74	72-75	72-76	72-77		
1.7899	13.2700	9.8259	26.1464	21.0936		
MATERIAALI MK	6138612.	5859380.	4461167.	3658753.	3603122.	3700354.
PANOS TUOTOSTIEKILOMETRIA KOHTI	42181.65234	43928.48437	45683.72266	43522.38281	44228.20312	43356.79687
TUOTTAVUUSKEHITYS %-MUUTOS						
72-73	73-74	74-75	75-76	76-77		
-3.9765	-3.8422	4.9660	-1.5959	2.0098		
72-73	72-74	72-75	72-76	72-77		
-3.9765	-7.6659	-3.0806	-4.6273	-2.7104		
VIER. PALV. MK	3568433.	2921950.	3556581.	1534009.	763706.	2335086.
PANOS TUOTOSTIEKILOMETRIA KOHTI	24520.59375	21906.21875	36420.48047	18247.66992	9374.46582	27360.04297
TUOTTAVUUSKEHITYS %-MUUTOS						
72-73	73-74	74-75	75-76	76-77		
11.9344	-39.8519	99.5898	94.6529	-65.7367		
72-73	72-74	72-75	72-76	72-77		
11.9344	-32.6736	34.3766	161.5679	-10.3781		

Taulukko 11. Esimerkin osatuottavuudet



Kuva 3. Tuottavuuden suhteellinen kehitys

3.14 Vertailtavien tuottavuuslukujen laskeminen

Eri piirien omalla tuotostiemitalla lasketut tuottavuudet eivät ole keskenään vertailukelpoisia muuten kuin suhteelliseksi kehitykseksi muunnettuna. Piirejä voidaan pyrkiä vertaamaan laskemalla kunkin piirin tuotos valtakunnallisella tuotostiemitalla ts. tuotostiekilometrin perussuoritteet on määrättävä koko maan aineistosta. Tällöin on kuitenkin tarkastelun pätevyys piirin osalta sitä huonompi, mitä enemmän kyseisen piirin suoritejakautuma poikkeaa valtakunnallisesta.

Edellä käsitellyn esimerkin periaatteilla määritetyt koko maan perussuoritteet on esitetty taulukossa 12.

PERUSSUORITTEET TUOTOSTIEKILOMETRIA KOHTI LITTERA	
1120	719.03119
1130	8979.85059
1310	1115.05225
1320	12.81717
1330	53.76556
1410	649.32910
1510	3896.41309
1520	595.99066
1530	2960.95874
1540	5155.61670
1570	4157.70898
1610	1863.08423
1620	1804.88794
1630	1187.87317
1660	1041.36633
1670	2595.02368
1710	146.38084
1730	745.77087
1750	9362.31738

Taulukko 12. Koko maan perussuoritteet (painokerroin k valittu vuosien 1972-77 tienrakentamisen kokonaiskustannuksia vastaavasti)

Näitä perussuoritteita sekä piirin toteutuneita yksikkökustannuksia ja suoritteita käyttäen on saatu seuraavat tuotostiekilometrimäärät:

Vuosi:	1972	1973	1974	1975	1976	1977
TTkm:	98,2	86,7	63,6	53,3	51,5	53,8

Vastaavasti on saatu kokonaiskustannukset, panokset tuotostiekilometriä kohti ja tuottavuuskehityksen muutos taulukon 13 mukaisiksi.

KOK MK	1972	1973	1974	1975	1976	1977
PANOS	33197008.	30248284.	22401062.	18965662.	17062528.	18672954.
TUOTOSTIEKILOMETRIÄ KOHTI	338054.15625	348818.75000	352066.87500	353807.00000	331489.90625	346947.40625
TUOTTAVUUSKEHITYS %-MUUTOS						
72-73	73-74	74-75	75-76	76-77		
-3.0860	-0.9226	-1.0512	7.3357	-4.4553		
72-73	72-74	72-75	72-76	72-77		
-3.0860	-3.9801	-4.9995	1.9802	-2.5633		

Taulukko 13. Valtakunnallisella tuotostiemitalla laskettu kokonaistuottavuus ja tuottavuuskehitys esimerkkipiirissä.

3.2 Avainlitterat

Avainlitteroiden tuottavuuskehitystä arvioidaan myös panos/tuotos-periaatteella. Tuotoksena käytetään kyseisen litteran vuotuista suoritetta. Panoksena ovat tällöin kokonaiskustannukset (mk), miestyö (h), kone työ (kth), kuljetus (h), materiaali (mk) ja vieraat palvelut (mk)

Kustannukset on muutettava samaan kustannustasoon.

Taulukossa 14 on esitetty eo. esimerkin erään avainlitteran, raivauksen tuottavuuskehitys kustannuslajeittain.

RAIVAUS KOK MK	1972	1973	1974	1975	1976	1977
RAIVAUS	1.38960719	1.29087245	1.09695613	1.50720310	2.09286714	1.81816459
MIESTYÖ H	0.03701907	0.03820377	0.03850110	0.04750780	0.04977063	0.04399968
KONE TYÖ KTH	4.01412487	4.49271297	3.39648771	4.63026333	8.28573990	5.19062614
KULJETUS H	0.00395498	0.00484120	0.00292913	0.00444709	0.00807105	0.00701360
MATERIAALI MK	0.01241024	0.01143298	0.01666242	0.01378978	0.00996708	0.01186024
VIER. PALV. MK	0.27629933	0.00137565	0.00110420	0.00539889	0.00000000	0.04638649

Taulukko 14. Raivauksen (littera 1130) tuottavuuskehitys kustannuslajeittain.

4. TUOTTAVUUSLUKUJEN TULKINTA

4.1 Osatuottavuudet

Eri panostekijöitä vastaavat osatuottavuudet lasketaan saman kokonaistuotoksen suhteen. Osatuottavuuksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että sama tuotos voidaan saada aikaan eri panoksilla. Esim. konetyö ja kuljetukset ovat osittain toisiaan korvaavia panostekijöitä ja vieraat palvelut korvaavat selvästi muita panostekijöitä. Tästä johtuen on osatuottavuuksia tarkasteltava AINA RINNAKKAIN pitäen mielessä panostekijöiden sisältö.

Osatuottavuudet kuvaavat toiminnan panosrakennetta ja sen muutoksia. Jos halutaan jatkaa tarkastelua jonkin panostekijän osalta, on tarkasteltava erityisesti tämän panostekijän tuottavuutta kuvaavia tunnuslukuja. Esim. konetyön ja kuljetusten osalta voidaan tarkastella panoskäyttöä ns. edistävää kuutiometriä kohti, koneiden ja autojen työsaavutuksia ja käyttöasteita jne.

4.2 Olosuhdetekijäin huomioonottaminen

Useimmat tuottavuusluvut eivät ota huomioon olosuhde- ja laajuustekijöitä, vaan nämä seikat on mahdollisuuksien mukaan otettava huomioon tulosten tarkastelussa esim. valitsemalla sopiviiksi katsottuja vertailukohteita.

Tuloksia tulkittaessa on pyrittävä ottamaan huomioon mm. seuraavat tekijät:

- alueellinen sijainti
- topografia
- maaperä
- materiaalin saatavuus
- yhdyskuntarakenne
- tuotannon rakenne
 - hankkeiden luonne
 - hankkeiden koko
 - hankkeiden vaihe
- työllistäminen
- urakointi
- koneiden ja kuljetusvälineiden saatavuus ja vuokrataso

4.3 Tuotostiemenetelmän käyttörajoitukset

Tuotostiemenetelmä perustuu litterakohtaisiin tuottavuuksiin eikä ota huomioon siihen vaikuttavia olosuhte- ja laajuustekijöitä.

Tuotosmenetelmän tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia vain, jos kyseessä on samoilla perussuoritteilla lasketut tulokset tai jos tulokset on muunnettu suhteelliseksi kehitykseksi. Siten esim. piirikohtaisella tuotostiellä (piirin omat perussuoritteet) lasketut tulokset ovat piirien kesken vertailukelpoisia vain suhteelliseksi kehityskäyräksi muunnettuna. Kehityskäyriä verrattaessa on otettava huomioon lähtötasojen mahdollinen erilaisuus.

Eri piirien tuottavuuden tasoa voidaan pyrkiä vertaamaan mittaamalla piirejä koko maan tuotostien avulla (kaikilla samat koko maan perussuoritteet). Tämän laskentatavan pätevyys piirin omalla tuotostiellä mittamiseen verrattuna on sitä heikompi, mitä enemmän kyseisen piirin suoritejakauma poikkeaa koko maan suoritejakaumasta.

Vastaavasti käytetään piirin perussuoritetta vertailtaessa työpäällikköalueiden tai hankkeiden tuottavuuksia koko piirin tuottavuuteen. Tuotostiemenetelmän sopeutus hankekohtaisiin tarkasteluihin on kuitenkin kyseenalainen ja edellyttää yleensä kiinteiden painojen käyttöä.

5. TUOTTAVUUSMITTAUKSEN KÄYTTÖ JOHTAMISESSA

Kokonaistuottavuuden mittauksella pyritään motivoimaan tuottavuuden parantamista ja erilaisten osatuottavuuksien mittauksella kartoittamaan tuottavuuden parantamiskohteita ja parantamistapoja.

Tuottavuusmittausta voidaan piirissä käyttää mm. seuraavin tavoin:

- Asetetaan tavoitteita toimialan tuottavuuskehitykselle ja seurataan näiden toteutumista
- Verrataan omaa tuottavuutta ja tuottavuuskehitystä valtakunnan tasoon
- Verrataan omaa tuottavuutta ja tuottavuuskehitystä vertailupiireihin
- Verrataan osatuottavuuksia ja rakentamisen osaluokkien tuottavuuksia vertailupiirien vastaviin.

Vastaavia menettelyjä voidaan käyttää työpäällikkö- ja hanketasolla.

Tuottavuustavoitteen asettaminen edellyttää nykytilan analysointia tarkastelemalla aikaisempaa tuottavuuskehitystä ja tuottavuuden tasoa rinnakkaisiin organisaatioyksiköihin verrattuna. Tuottavuustavoite mitoitetaan erilaisiin suunnitelmiin, ennusteisiin ja omaan käsitykseen perustuen (kuva 4). Tuotostiemenetelmällä voidaan laskea tuottavuuslukuja myös toimintasuunnitelmas- ta (esim. hankkeiden budjettien summa litteroit- tain). Tätä voidaan käyttää hyväksi tuottavuustavoitteen m- toittamisessa sekä toisaalta suunnitelmavaihtoehtojen vertailussa ja keinovalinnassa tuottavuustavoitteen saavuttamiseksi.

Tuottavuustavoitteen asettamisen yhteydessä on yleensä syytä sopia millä laskentatavalla tai -tavoilla tavoitteen toteutumista seurataan, koska eri laskentatavat antavat jossakin määrin toisistaan poikkeavia tuloksia. Tuotostiemenetelmä soveltuu erityisesti kokonaistuottavuuden ja panosrakenteen mittaustavaksi ja avainlitteramenettelyn avulla voidaan tavoitteisiin sisällyttää ongelmiksi koettuja toiminnan osia.

ONGELMA: PIIRIN RAKENNUSTOIMIALAN TUOTTAVUUS ON LASKENUT JA ON HUONOMPI KUIN VERTAILUPIIRISSÄ			
NYKYTILANNE	TAVOITE	KEINOT	TOIMINTASUUNNITELMA
- Tuottavuus on laskenut vuodesta 1975 vuoteen 1977 2 % (tuotostietä mitattuna)	- Tuottavuus nousee vuodesta 1977 vuoteen 1978 4 % ja vuoteen 1980 10 % (tuotostietä)	- Käytetään kuljetuspanosta vähentävin työmenetelmin ja poistetaan turhia kuljetuksia (kulj. matkat, ryöstöt, kompostointi, kantaminen)	- NN laatii x.x mennessä ehdotuksen kuljetusten tarkkailemiseksi
- Vertailupiirissä tuottavuus samana aikana nousut 3 % (tuotostietä) ja tuottavuus on 6 % parempi kuin meillä (koko maan tuotostietä)	- Kuljetusten osatuottavuus kääntyy nousuun v.1978 ja nousee 15 % v.1980 mennessä (tuotostietä)	- Konevalinnan tasoa parannetaan (työmen.konekoot) ja koneiden maksettujen siirtojen ja odotusten osuutta vähennetään työn järjestelyä parantamalla.	- kompostointikokeilu alkaa x.x. hankkeilla xxxx
- Kuljetusten osatuottavuus on vuodesta 1975 vuoteen 1977 laskenut 12 % ja konetyön osatuottavuus noussut 3 %. Vertailupiirissä on kehitys ollut suunnaltaan päinvastainen.	- Konetyön osatuottavuus nousee 3 % vuodessa vaikka osa kuljetustyöstä korvataan konetyöllä.	-	-
- Raivaus- ja massatöiden tuottavuus on selvästi huonompi kuin vertailupiirissä.	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Kuva 4. Esimerkki tuottavuusmittauksen käytöstä toimialan johtamisessa.

Vaikein ongelma tuottavuusvertailussa on sopivien vertailukohteiden löytäminen. Olosuhde- ym. tekijöiden tulisi olla vertailtaville kohteille mahdollisuuksien mukaan yhteisiä ja poikkeavien tekijöiden vaikutus selvitettävissä.

Tuottavuustavoitteiden seurannassa ja tuottavuusvertailuissa on aina pyrittävä etsimään tuloksista se osa, jonka perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä siitä huolimatta, että mittaustavassa mahdollisesti on heikkouksia tai eri kohteet eivät ole täysin vertailukykisiä.

Tässä julkaisussa esitetyt tuottavuuden tunnusluvut vaativat usein tuekseen lisätietoja ja muita tunnuslukuja. Mitä tunnuslukuja tuottavuusmittauksessa kulloinkin käytetään, harkitaan tapauskohtaisesti kohteen, ongelma-alueiden ja ongelmien luonteen perusteella.

6 KIRJALLISUUTTA

Allonen H., Tie- ja vesirakennuslaitoksen tienrakennustoiminnan tuottavuuden mittaaminen.

Diplomityö. HTKK. Helsinki 1978.

Kanniainen, Tienrakennustuotannon mittaamisen kehittämisestä TVL:n Oulun piirissä.

Diplomityö. Oulu 1975.

Lehmus H., Tuottavuus ja sen mittaaminen. SITRA Helsinki 1976.

Panostutkimus teiden rakentamisesta ja kunnossapidosta TVL:ssa vuonna 1970. TVH 2.628. Helsinki 1975.

Partala E., Hankkeen kuljetustehtävien tuottavuuden mittauksesta TVL:n Keski-Pohjamaan piirissä.

Diplomityö. Oulu 1977.

Seppälä M., Hankkeen konekannan tuottavuus ja sen mittaus. Diplomityö. Oulu 1975.

Mattila Sakari., Tilastotiede I
Oy Gaudeamus Ab Helsinki 1976.